

自動車の異音と周波数分析

しばらく前のことです。出勤時に自動車を運転していて、カタカタカタカタとふだん聞き慣れない周期的な音が聞こえてきました。一般に、機械からふだんと違う音がする、ということは何らかのトラブルで要注意です。その音は、なんとなく左前のほうから聞こえ、アクセルを踏んでの加速中、ブレーキで減速中には聞こえなくなり、一定速度で走行しているときに明確に聞こえました。運転席から見て左前というと、ボンネット内のエンジン周りか、左前の車輪です。

自動車から聞こえる周期的な音は、その由来から大きく二つに分けられます。一つはエンジンの回転に起因するもので、もう一つは車輪の回転に起因するものです。この二つは間に変速機を挟んでつながっているため、増減には関係があり(特定の条件下で比例)、ただ車を走らせるだけでは区別しにくいのですが、たとえばマニュアル車なら走行中にクラッチを切ってアクセルを離したときに、周期が急に変わらなければ変速機後の車輪の回転に連動するもので、周期が急に遅くなった場合は変速機前のエンジンの回転に関連があります(車速は変化しにくい)のに対して、エンジンはアクセルの影響を受けやすいため)。また、異なるギア比で同じ速度で走行することでも区別はできます(オートマの場合は急にアクセルを踏んでみる)。もちろ

ん、エンジンに起因するものなら停車中に空ぶかししてみることでわかります。チェックの結果、冒頭の異音はタイヤの回転に伴うほうと確認できました。

このように、機械の発する周期的な音は、その原因特定に役立ちます。また、その音の原因となっている振動もしばしば調査対象になります。ただし、先の例のように、人間の感覚で直接わかることは少なく、加速度センサやマイクを使って測定します。得た波形はさまざまな信号が混在し、無関係な信号も含むことが多く、必要な特徴を抽出するため FFT(高速フーリエ変換)によって分析します。

FFT は数学的な分析手法の一つで、信号の中の周期的な成分の大きさを抽出します。具体的には、たとえば 1 秒間測定した時間変化データがあれば、その区間で 1 往復するような変化 = 1Hz、2 往復(2Hz)、3 往復(3Hz) … と整数倍の成分がどの程度の変化幅で含まれているかと、そのタイミング(位相)を得ることができます。つまり、複数の種類の振動が混じったものでも、それを分離してくれます。この測定や分析機能は多くのデジタルオシロスコープが持っていますし、専用の FFT アナライザという測定装置を用いると、より詳細な特性を得ることもできます。

FFT はある期間の変化信号の周波数分析で

熊谷正朗 —KUMAGAI MASA-AKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



すが、繰り返すことで時間的な変化を得ることもできます。たとえば、機械の振動を解析すると、時間とともに強弱は変化する一方で周波数は変わらないものと、周波数も時間とともに変わるものが出てきます。前者は機械がもつ固有の振動で、質量や剛性(構造の強さ)で決まります。後者はエンジンやモータの回転などに伴って発生し、往復機構があればそのまま原因になります。また、回転部分に偏心があると回転数に一致した振動を生じます。よって、機械の振動の調査では、時間変化の傾向が重要となり、そこから振動の原因を探ることができます。

ちなみに、機械の固有振動と動作による振動が一致すると、共振と呼ばれる現象が発生して、機械が大きく揺れることがあり、さまざまなトラブルにつながるほか、破壊に至ることもあります。身近なところでは、コップの水をある周期で揺るとあふれやすくなる現象や、ブランコこぎも共振です。実用的な機械では避けるべき状況で、対策としては、発生する振動を抑えること、機械の剛性を高めて固有振動を十分高くして通常の運転速度では一致することがないようにすること、などがあります。

そのほか、センサなどの電気信号に含まれる各種ノイズ類の分析に便利です。信号波形をFFTして、50Hzや60Hzの整数倍の成分が見つかった場合は、交流電源の影響を受けてい

ます。それならば50/60Hzだけのように思えますが、近年の電源回路の特性から、高調波と呼ばれるその整数倍が出ます(参考：プラントエンジニア2012年9月号)。一方、モータの動作時などに20kHz～100kHz程度の信号が生じた場合は、モータ制御器のスイッチング動作によることが疑われます。まずはモータへの電力配線と信号線が近接していないか、ケース類のアースを適切に処理したか、などを確認するとよいでしょう。

以上のように、FFTによる周波数分析は、主にトラブル解析で非常に強力です。何かの機会に一度、わかりやすい現象で試して見るとよいと思います。

さて、冒頭の症状ですぐにピンと来た方も多いと思います。その音が出た数日前にタイヤ交換をしており、左前のタイヤだけ、ナットの締め方が不十分でした。加速時と減速時はそれぞれ一方向に力がかかるのでガタつきがなくなり、一定速度のときに音が出ていた、というわけです。音がだんだん大きくなってきたところで路肩に止めて点検したら、指で回るくらいに緩んでいました。機械の異音を気にすることとともに、ナットの増締めの大切さを再認識した次第です。